НАВЧАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ФІЗИКИ У ПЕДАГОГІЧНИХ УНІВЕРСИТЕТАХ

Наталія ПОДОПРИГОРА

У статті обґрунтовується доцільність інтегрування змістово-утворюючих компонентів курсів математичних методів фізики і теоретичної фізики при підготовці майбутніх вчителів фізики у педагогічному університеті. Вказується на прикладну спрямованість курсу математичних методів фізики.

In the article expediency of integration of semantically-formative components of courses of mathematical methods of physics and theoretical physics is grounded at preparation of future teachers of physics in a pedagogical university. It is underlined that the educational course of mathematical methods of physics has the applied aspiration.

Постановка проблеми. Національною доктриною розвитку освіти у XXI столітті визнано органічне поєднання освіти і науки, розвиток педагогічної та психологічної науки як одного з пріоритетних напрямів державної політики щодо розвитку освіти. Зокрема наголошується, що Держава повинна забезпечувати: «... формування у дітей та молоді сучасного світогляду, розвиток творчих здібностей і навичок самостійного наукового пізнання, самоосвіти і самореалізації особистості; підготовку кваліфікованих кадрів, здатних до творчої праці, професійного розвитку, освоєння та впровадження наукоємних та інформаційних технологій, конкурентоспроможних на ринку праці ...» [3]. З огляду на це проблема організації та підвищення успішності навчальної діяльності майбутніх вчителів фізики є досить важливою.

Теоретична фізика як навчальна дисципліна у педагогічному університеті «… формує науковий світогляд майбутнього вчителя фізики, який повинен мати цілісні уявлення про сучасну картину світу, вміти розв’язувати практичні і теоретичні задачі» [2]. Разом з тим, процес підготовки майбутніх учителів фізики має сприяти інтеграції природничо-наукових та фундаментальних дисциплін, які формують необхідну математичну та феноменологічну основу фізики як науки для дисциплін професійної і практичної підготовки. Математика і фізика – базові навчальні дисципліни, що відіграють головну роль в підготовці вчителів фізики, оскільки їх вивчення є основою багатьох фахових дисциплін, що вимагає вирішення глобальної проблеми – адаптації природничо-наукових і фундаментальних знань у практичну площину.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Математична і теоретична фізика є близьким поняттям. Разом з тим, між ними є істотна різниця. Теоретична фізика розробляє нові математичні моделі явищ, для яких моделей, які строго з математичної точки зору можна було б вважати задовільними ще не побудовано. В теоретичній фізиці досить часто нехтують математичною строгістю застосовних методів і моделей в узгодженості з умовами їх експериментальної перевірки, а точність вимірювань може бути наперед заданою і цілком задовольняти очікуваним результатам. Проте, математична фізика формулює і глибоко досліджує вже побудовані моделі на рівні математичної строгості.

За Владіміровим В.С., *математична фізика* – це теорія математичних моделей фізичних явищ. Вона належить до математичних наук; критерій істинності в ній – математичне доведення. Але на відміну від чисто математичних наук, в математичній фізиці досліджуються фізичні задачі на математичному рівні, а результати подаються у вигляді теорем, графіків, таблиць і ін., що отримують фізичну інтерпретацію. За такого широкого розуміння математичної фізики до неї слід віднести і такі розділи механіки, як теоретична механіка, гідродинаміка і теорія пружності [1]. Подібне бачення структури відповідного розділу курсу теоретичної фізики у педагогічних університетах віддзеркалює й освітньо-професійна програма цієї дисципліни.

Разом з тим, у системі підготовки майбутніх вчителів фізики математичні методи фізики є більш широким поняттям ніж математична фізика. У педагогічних університетах навчання математичних методів фізики набуває ознак інтегрованості з усіма дисциплінами циклів природничо-наукової, фундаментальної підготовки (математичний аналіз, лінійна алгебра та аналітична геометрія, основи векторного і тензорного аналізу, диференціальні і інтегральні рівняння, теорія ймовірностей й математична статистика, загальна фізика) та практичної і професійної підготовки (теоретична фізика, методика навчання фізики). Разом з тим, слід враховувати, що «… курси математичних дисциплін циклу фундаментальної підготовки студентів не встигають в часі за курсами фізичних дисциплін, в яких математичний інструментарій є конче необхідним …» [7, с. 207]. Тому **метою** нашої статті є обґрунтування доцільності інтегрування змістово-утворюючих компонентів курсів математичних методів фізики (ММФ) і теоретичної фізики при підготовці майбутніх вчителів фізики у педагогічному університеті.

Виклад основного матеріалу. У педагогічному університеті майбутні учителі фізики, які починають вивчати курс теоретичної фізики, часто потребують внутрішньої впевненості, перш ніж вони зануряться всередину невідомого об’єкта дослідження. На нашу думку, курс математичних методів фізики покликаний надати студентам досвід і певну сміливість щодо розв’язку практичних задач, для яких їх підготовка є недостатньою. У зв’язку з цим має місце суттєва неоднорідність з приводу детальності розгляду тих або інших питань курсу. Деяким з них можна приділити менше уваги і викладати схематично, в той час як інші потрібують більш детального розгляду.

Подібний підхід ми спробували реалізувати у розробленому нами посібнику «Математичні методи фізики» [6], який є невід’ємною частиною навчально-методичного комплексу відповідної дисципліни у Кіровоградському державному педагогічному університеті імені Володимира Винниченка. Усе це пов’язано не з ірраціональністю змісту освітньо-професійної програми ММФ, пропонованої галузевим стандартом для педагогічної спеціальності «Фізика», а передусім з тим, що таким є шлях теоретичної фізики в науці.

Курс ММФ покликаний сформувати у майбутніх вчителів фізики уявлення про основні математичні моделі, аналізу характеру їх поведінки в тих або інших фізичних умовах, якісному обговоренню проблем і завдань щодо його об’єкту і предмету дослідження [2].

Об’єктом дослідження ММФ є реальні фізичні явища і процеси, предметом – їх математичні моделі. Разом з тим, ще одним із головних завдань навчання студентів ММФ є з’ясування перспектив розвитку фізики як науки з огляду на можливість застосування математичних методів до аналізу пропонованих фізикою математичних моделей. Отже, цілеутворюючий компонент курсу ММФ враховує основні етапи наукового пізнання природи: факти – модель – наслідок – експеримент, що поєднують у єдиний комплекс експериментальні і теоретичні методи навчання фізики.

Проблему методичної та практичної реалізації єдності експериментальних і теоретичних методів фізики при підготовці майбутніх учителів фізики ми пропонуємо розв’язувати в узгодженості, із дидактичним принципом циклічності, обґрунтованим і апробованим академіком Разумовським В.Г. для методики навчання фізики загальноосвітньої школи [8]. Майже п’ятидесятилітня практика реалізації цього принципу визнає, що і до тепер немає більш змістовного, конкретного знання (концепції, теорії), яке б можна було б із ним порівняти.

У теорії і методиці навчання фізики вищої школи реалізація даного принципу, на нашу думку, має набути подальшого розвитку, який ми вбачаємо в узгодженому і комплексному відображенні змістовних компонент курсів загальної фізики, теоретичної фізики та ММФ.

Разом з тим, слід враховувати, що актуальними ще залишаються проблеми пов’язані з: адаптацією першокурсників до системи навчання фізики у вузі; науковим рівнем комплексного представлення експериментальних і теоретичних методів фізики у відповідній системі навчання; реалізацією наступності між дисциплінами на різних освітньо-кваліфікаційних рівнях (бакалавр; спеціаліст, магістр); методичною адаптацією рівня наукових досягнень сучасної фізики у площину шкільних умов і ін. [7].

У педагогічних університетах фізика вивчається у два етапи. З експериментальним методом пізнання природи студенти знайомляться у курсі загальної фізики, яка на основі вивчення феноменологічних законів експериментальної фізики готує фундамент для теоретичного методу пізнання у курсі теоретичної фізики. Теоретична фізика не лише надає законам фізики кількісного математичного представлення, а й узагальнює їх, формулює нові постулати і принципи, створює нові теорії.

Основне завдання ММФ полягає в аналітичному вивченні скалярних, векторних і тензорних полів фізичних величин. В курсі ММФ розглядаються дві проблеми. Одна з них займається вивченням диференціальних властивостей різноманітних полів, їй присвячений один з розділів курсу – математична теорія поля. Інша ж проблема полягає у відшуканні фізичної величини, якщо відомі умови, в яких перебуває фізичний об’єкт. Щоб невідомі функції було знайдено необхідно, виходячи із заданих фізичних закономірностей скласти функціональне рівняння і розв’язати його. Зазвичай ці функціональні рівняння являють собою диференціальні рівняння різних типів. Вивченням методів складання й розв’язанням рівнянь такого роду займається теорія диференціальних рівнянь у часткових похідних. Сукупність теорії поля і теорії диференціальних рівнянь у часткових похідних утворюють класичну математичну фізику, яка у повній мірі відображена у змістовній частині пропонованого нами посібника і допомагає розв’язати основне завдання вивчення дисципліни – розглянути ряд математичних понять і методів, що покладені в основу математичної теорії поля, та основні типи диференціальних рівнянь у часткових похідних фізичного змісту [6].

Структура і зміст пропонованого нами посібника з ММФ уможливлює інтегрування змістово-утворюючих компонент цього курсу з курсом теоретичної фізики при підготовці майбутніх вчителів фізики у педагогічному університеті, що представлено у табл. 1.

Таблиця унаочнює той факт, що усі змістово-утворюючі компоненти ММФ є інтегрованими до змісту курсу теоретичної фізики у педагогічному університеті. Це вказує на, що у системі підготовки майбутніх вчителів фізики ММФ є більш широким поняттям ніж математична фізика.

Висновки та перспективи подальшого розвитку. Доцільність інтегрування змістово-утворюючих компонентів курсів ММФ і теоретичної фізики при підготовці майбутніх вчителів фізики зумовлюють декілька передумов.

Одна з них пов’язана із особливостями теоретичного методу пізнання природи (об’єкта дослідження), який є головним у курсі теоретичної фізики: постановка проблеми, заснована на емпіричних фактах про об’єкт – виділення найістотніших властивостей і зв’язків об’єкта – математичне моделювання об’єкта – гіпотеза щодо справжності пропонованої моделі, перспектив практичної реалізації, прогностичних можливостей – теоретичний аналіз моделі з урахуванням особливостей її перебування в тих або інших умовах – наслідок (закон, принцип, теорія) – емпірична перевірка на відповідність критеріям істинності (експеримент). Отже, експериментальний (чуттєвий) компонент у процесі теоретичного пізнання природи не ліквідується, а безпосередньо йому підпорядковується. З експерименту усе починається і ним завершується. Тому природно припустити, що цілеутворюючі і змістові компоненти курсів загальної і теоретичної фізики теж мають бути підпорядкованими один одному.

Таблиця 1

Змістово-утворюючі компоненти курсу математичних методів фізики, що інтегровані з курсом теоретичної фізики у педагогічному університеті

ММФ	**Теоретична фізика**
1. Математичні методи теорії поля	
1.1 Скалярне поле і моделі фізичних систем	
Скалярні величини і скалярне поле $\varphi = \varphi(\vec{r}, t)$.	Скалярні величини: довжина, площа, об'єм, маса, час, температура, електричний заряд, енергія і ін. Скалярні поля: температур, густин, швидкостей, скалярного потенціалу електричного поля і ін.
Похідна скалярного поля за напрямком.	Дозволяє досліджувати диференціальні властивості скалярних полів конкретних фізичних величин.
Лінії рівня $\varphi(\vec{r}) = \varphi_0 = \text{const}$.	Ізотерми, лінії однакового потенціалу електростатичного поля і ін. Їх геометрична інтерпретація дає якісні уявлення про властивості поля: однорідність або неоднорідність, швидкість зміни.
Градієнт скалярного поля. Векторне поле градієнта.	Рівняння зв'язку між векторними і скалярними полями: у класичній механіці $F = -\text{grad}\,U$; у класичній електродинаміці $\vec{E} = -\text{grad}\,\varphi$ і ін.
Моделі фізичних систем.	Атом (квантова механіка); атомне ядро (ядерна фізика); ідеальний газ (статистична фізика); коливальний контур (електродинаміка), математичний маятник, абсолютно тверде тіло (механіка); кристалічні ґрати, провідник, напівпровідник, діелектрик, феромагнетик і ін. (електронна теорія речовини).
1.2 Векторне поле	
Вектори і математичні дії над ними. Аналітичне означення вектора.	Декартова система координат в механіці $\vec{x} = [\vec{y}, \vec{z}]$; магнітна складова сили Лоренца $\vec{F}_\text{м} = q[\vec{v}, \vec{B}]$; закони Ампера, Біо-Савара-Лапласа і ін. Аналітичне означення вектора дозволяє використовувати аналітичні методи розв'язування задач, наприклад, у механіці враховуючи незалежність типів руху при координатному їх описі на відміну від траєкторного і ін.
Диференціальна характеристика векторних полів.	Довільні тензорні поля: тензор деформації, тензор напруг, тензор інерції абсолютно твердого тіла; діелектрична і магнітна проникності і ін. Приклади фізичних задач: відшукання густини середовища; дослідження властивостей стаціонарного поля швидкостей і ін.
1.3 Тензори та їх властивості	
Аналітичне означення тензора. Тензорна алгебра.	Уможливлює застосування математичного апарату тензорної алгебри до розробки сучасних математичних методів операторної квантової механіки. Зокрема, під час відшукання спінових матриць Паулі; *E*-зображення оператора збурень у квантовій теорії збурень і ін.
Головні напрямки тензора. Інваріанти.	Допомагають відшукати головні вісі симетрії абсолютно твердого тіла, що обертається і ін. Інваріанти уможливлюють відшукання законів збереження фізичних величин і зв'язати їх із властивостями симетрій. Зокрема, однорідність і ізотропність простору дає можливість отримати закони збереження імпульсу та моменту імпульсу; однорідність часу – закон збереження енергії [4]. Або відшукати закон збереження електричного заряду як наслідок врахування його інваріантності відносно калібрувальних перетворень [5] і ін.
Вектори і тензори в *n*-вимірному просторі.	Модель чотиривимірного простору у СТВ. Уможливлює отримати перетворення Лоренца-Ейнштейна як поворот чотиривимірної системи координат у просторі Мінковського і ін.

ММФ	Теоретична фізика
1.4 Дивергенція векторного поля	
Векторне поле. Векторна лінія поля. Потік вектора.	Математичне моделювання векторних електричного, магнітного і ін. полів фізичних величин. Зображення графічної картини таких полів за допомогою векторних ліній напруженості, індукції поля і ін. Застосування поняття потоку довільного векторного поля до вивчення поняття потоку вектора напруженості електростатичного поля, а також під час вивчення явища електромагнітної індукції Фарадея, ефекту квантування магнітного потоку у надпровідниках і ін.
Аналітичне і інваріантне означення дивергенції векторного поля.	Уможливлює з'ясувати фізичний зміст дивергенції фізичного векторного поля як інтенсивності випромінювання його джерел. А також з'ясувати фізичний зміст закону Кулона в електростатиці. Виявляється критерієм соленоїдальності електромагнітного поля, є одним з критеріїв вихровості і одночасно безвихровості такого поля і ін.
Теорема Гауса.	Теорема Остроградського-Гауса в диференціальній (одне з рівнянь феноменологічної теорії Максвелла) та інтегральній формах та її застосування для розрахунку електростатичних полів. Застосування цієї теореми під час з'ясування фізичного змісту рівнянь класичної електродинаміки у феноменологічній теорії Максвелла. Під час отримання рівняння неперервності, уможливлюючи перехід від інтегрування за поверхнею до інтегрування за об'ємом і ін.
1.5 Ротор векторного поля	
Циркуляція векторного поля уздовж замкненого контуру. Криволінійний інтеграл векторного поля.	Поняття циркуляції векторного поля уможливлює з'ясувати фізичний зміст електрорушійної сили у провідниках з постійним електричним струмом; криволінійний інтеграл пов'язується із поняттям вимірюваної напруги на кінцях однорідного провідника зі струмом. А також з'ясувати фізичний зміст індукції електромагнітного поля у Законі Фарадея і ін.
Вихор вектора навколо певного напрямку в даній точці. Інваріантне та аналітичне означення ротора. Теорема Стокса.	Застосовується: в динаміці твердого тіла, зокрема з'ясовується, що ротор лінійної швидкості твердого тіла є вектор, рівний подвійній кутовій швидкості його обертання; гідродинаміці; електродинаміці, зокрема, допомагає з'ясувати фізичний зміст рівнянь феноменологічній теорії Максвелла. Теорема Стокса уможливлює: перехід від інтегрування за поверхнею до інтегрування за довжиною, розв'язувати практичні задачі на використання закону Біо-Савара-Лапласа і ін. Виявляється критерієм потенціальності електростатичного поля, одним з критеріїв вихровості поля і ін.
1.6 Криволінійні координати	
Означення криволінійної системи координат. Коефіцієнти Ламе.	Аналітичне представлення проекцій лінійної швидкості та лінійного прискорення твердого тіла, що обертається навколо нерухомої точки, на вісі декартової, циліндричної та сферичної система координат у класичній механіці та отримання кінематичних рівнянь Ейлера і ін. Уможливлюють введення узагальнених координат в аналітичній механіці, фазового простору в статистичній фізиці і ін.
Основні диференціальні операції в криволінійних координатах.	Аналітичне представлення градієнта скалярної функції, дивергенції та ротора векторних полів фізичних величин в декартовій, циліндричні і сферичній системах координат. За потребою їх використання під час розв'язування практичних задач.

ММФ	Теоретична фізика
Поняття оператора.	Спрощує математичне представлення диференціальних операцій над математичними полями фізичних величин. Набуває розвитку в квантовій механіці: Враховуючи самоспряженість і ін. властивостей її операторів, можна показати як відбувається їх добір, вказати на можливість виконання математичних дій; Ввести клас комутуючих операторів та сформулювати умови можливості одночасного вимірювання різних квантово-механічних величин: Ввести поняття про повний набір спостережуваних; Подати основні оператори квантової механіки в координатному зображенні.
1.7 Диференціальні операції другого порядку	
Оператор Гамільтона.	Формально розглядається як вектор, що дозволяє застосувати до нього формули векторної алгебри. Уможливлює аналітичне представлення градієнта, дивергенції, ротора і тензорного добутку для полів фізичних величин переважно у класичній механіці та електродинаміці, застосовують під час складання диференціальних рівнянь I порядку і ін.
Диференціальні операції другого порядку.	Застосовують під час складання і розв'язку диференціальних рівнянь II порядку в теоретичній механіці, електродинаміці, квантовій механіці тощо. Для розв'язку практичних задач досить корисною є теорема Гельмгольца, що уможливлює будь-яке однозначне, неперервне і гладке векторне подати у вигляді суми потенціального та вихрового полів і ін.
Формули Гріна.	Уможливлюють відшукання загального розв'язку рівняння Пуассона в класичній електродинаміці і ін.
2. Математичні рівняння фізики	
2.1 Класифікація лінійних рівнянь	
Класифікація лінійних рівнянь у частинних похідних II порядку та їх зведення до канонічного вигляду.	Формує методологічну основу щодо складання та розв'язування диференціальних рівнянь у частинних похідних II порядку з дослідження фізичних процесів і явищ у багатьох фізичних теоріях, яким притаманний динамічний тип зв'язку (класична механіка, гідродинаміка, механіка суцільних середовищ, електродинаміка).
Канонічні форми рівнянь зі сталими коефіцієнтами.	Визначають типовий клас рівнянь – гіперболічного, еліптичного і параболічного типів для змодельованих теоретичною фізикою відповідних природних процесів.
Фізичні задачі, які приводять до рівнянь в частинних похідних. Приклади фізичних задач, що приводять до лінійних рівнянь.	В таких задачах шукається функція або залежність між змінними факторами якого-небудь фізичного, хімічного або технічного процесу, рівняння (форма) лінії або поверхні. Приклади, відшукати: залежність швидкості падіння тіла в повітрі від часу, якщо сила опору повітря пропорційна квадрату швидкості v і площі S найбільшого перерізу тіла; форму дзеркала, що відбиває всі промені, що виходять із даної точки, паралельно даному напрямку: задача про квантовий одновимірний гармонійний осцилятор ін.
Класифікація рівнянь II порядку з багатьма незалежними змінними.	Унаочнює той факт, що зведення рівняння II порядку з багатьма незалежними змінними в деякій області простору до найпростіших нормальних форм (гіперболічного, параболічного і еліптичного) неможливе. Тому і тривіальних розв'язків фізичних задач, що приводять до рівнянь такого типу не існує.

ММФ	Теоретична фізика
Нелінійні рівняння математичної фізики.	Точні розв'язки нелінійних рівнянь наочно демонструють і дозволяють розібратися в механізмі таких складних нелінійних ефектів, як просторова локалізація процесів перенесення, багатоманітність чи відсутність стаціонарних станів при визначених умовах, існування режимів з загостренням та ін. Навіть ті часткові точні розв'язки диференціальних рівнянь, які не мають зрозумілого фізичного змісту, можуть бути використаними в якості «тестових» задач при перевірці коректності та оцінці точності різних числових, асимптотичних та наближених аналітичних методів. Більшість рівнянь теоретичної фізики містять параметри або функції, які знаходяться експериментально і тому не строго фіксовані. Проте, рівняння, що моделюють реальні явища і процеси, повинні бути досить простими для того, щоб їх можна було вдало проаналізувати і розв'язати. В якості одного з можливих критеріїв простоти можна прийняти вимогу, щоб модельне рівняння допускало розв'язок у замкнутому вигляді. При цьому особливий інтерес являють собою рівняння, що залежать від довільних функцій або такі, що містять багато вільних параметрів, які можна задати на розсуд дослідника. Наприклад, це прикладні рівняння, що зустрічаються в теорії переносу тепла та переносу маси речовини, теорії води, гідродинаміці, теорії горіння, нелінійній оптиці, ядерній фізиці і ін.
Інтегральні рівняння у фізиці.	Функція, що задовольняє диференціальному рівнянню і перетворює його в тотожність, є інтегралом (або розв'язком) цього рівняння. В класичній механіці обґрунтовується існування семи інтегралів руху: імпульсу, моменту імпульсу і енергії, які пов'язують із відповідними фундаментальними законами збереження. З прикладами інтеграл-диференціальних рівнянь студенти знайомляться в класичній електродинаміці, зокрема під час відшукання загального розв'язку рівняння Пуассона і ін.
2.2 Рівняння гіперболічного типу	
Найпростіші фізичні задачі, що приводять до рівнянь гіперболічного типу.	Хвильові рівняння, що описують: малі поперечні вільні коливання струни, коливання мембрани, акустичні коливання у суцільному середовищі, електромагнітну хвилю у вакуумі без урахування її джерел і ін.
2.2 Рівняння гіперболічного типу	
Коливання струни нескінченої довжини. Метод Д'аламбера. Окремий випадок задачі Коші. Плоскі і сферичні хвилі.	Набуває подальшого розвитку під час розв'язування хвильового рівняння для плоскої поперечної електромагнітної хвилі. Розв'язок Д'аламбера обґрунтовує наявність прямої і зворотної хвиль. Узагальнюється на випадок сферичних хвиль при переході до сферичної системи координат, якщо джерелами поля є не статичні заряди, а система зарядів, що рухається нерівномірно. Вводиться поняття фазової швидкості, хвильового вектора, довжини електромагнітної хвилі, частоти, критерії монохроматичності хвилі. Доводиться, що структура плоскої і сферичної електромагнітних хвиль однакова щодо властивості їх попередності.
Коливання струни скінченої довжини. Метод Фур'є. Загальний розв'язок хвильового рівняння. Стоячі хвилі.	Набуває подальшого розвитку у класичній електродинаміці під час дослідження системи джерело – електромагнітна хвиля – детектор та під час з'ясування питання про практичне використання стоячих електромагнітних хвиль. Під час встановлення критеріїв невизначеностей щодо одночасного вимірювання добротності і вибірковості коливальної системи і ін.

ММФ	Теоретична фізика
2.3 Рівняння параболічного типу	
Рівняння параболічного типу. Метод відокремлення змінних для рівняння параболічного типу. Функція джерела.	Набуває подальшого розвитку в термодинаміці: Під час складання і розв’язування рівняння теплопровідності для середовища (газ, рідина, тверде тіло) коли у ньому існує градієнт температури і відбувається перерозподіл тепла, за умови що останній задовольняє емпіричному закону Фур’є. Розглядаються окремі випадки рівняння теплопровідності: Під час складання і відшукання загального розв’язку рівняння теплопровідності для довгого тонкого стержня.
2.4 Рівняння еліптичного типу	
Рівняння еліптичного типу. Фізичні задачі, що приводять до рівнянь Лапласа.	Задача про стаціонарне теплове поле: без урахування джерел задовольняє рівнянню Лапласа, з урахуванням джерел – рівнянню Пуассона. Досліджується: потенціальний рух рідини без наявності її джерел; стаціонарний електричний струм в однорідному середовищі (провіднику); електричне поле стаціонарних зарядів; магнітне поле постійних струмів і ін.
Рівняння Лапласа в криволінійній системі координат.	Використовуються під час розв’язування задач в електростатиці, якщо джерело поля утворює електростатичне поле відповідного типу симетрії – циліндричної (заряджений циліндричної форми провідник або циліндрична поверхня) або сферичної (точкове джерело, сферична поверхня або куля).
Рівняння Пуассона та його загальний розв’язок.	Розв’язування рівнянь Пуассона в електростатиці за допомогою форму Гріна. Розв’язування рівнянь Пуассона в магнітостатиці і ін. Враховуються джерела електростатичного і магнітостатичного полів.
Рівняння Лежандра. Відтворювальна функція і поліноми Лежандра. Формула Родріга. Рекурентні співвідношення.	Розв’язування задачі про рух частинки в центральносиметричному полі в квантовій механіці (модель атому водню). Отримується рівняння Лежандра для хвильових функцій Лежандра внаслідок відокремлення кульових змінних рівняння Шредінгера. Шукані хвильові функції Лежандра у силу їх фізичних обмежень на відповідність стандартним умовам (неперервності, скінченності, квадратично-інтегрованості) для електрона в атомі зображуються у вигляді поліномів Лежандра. Встановлення рекурентного співвідношення між коефіцієнтами загального розв’язку рівняння Лежандра уможливлює відшукання власних значень оператора орбітального моменту імпульсу такого електрона.
Сферичні і кульові функції. Поліноми Лаггера.	Розв’язування радіального рівняння Шредінгера (задача про атом водню), з якого шукають відповідні радіальні хвильові функції. Ці функції – це поліноми Лаггера-Чебишева. Також з’ясовується енергетичний спектр електрона, що випливає з рекурентного співвідношення між коефіцієнтами загального розв’язку радіального рівняння Шредінгера.
2.5 Застосування теорії груп у фізиці	
Основні поняття і елементи теорії груп.	Досліджуються гармонічні коливання молекул. Встановлюють правила відбору операторів квантової механіки.

Разом з тим, слід враховувати, що методологія теоретичної фізики, заснована на якісних і кількісних математичних методах, уможливлює їх перенесення у практичну площину. Цю можливості можна реалізувати в курсі ММФ, узгоджуючи його вивчення в часі – після початку вивчення курсу загальної фізики і початком вивчення курсу теоретичної фізики, відповідно 1, 2 і 3 роки навчання. У такий спосіб уможливлюється реалізація принципу циклічності навчання фізики у педагогічному університеті.

Проте слід зважати й на те, що у процесі навчання фізики за допомогою теоретичного методу пізнання природи мають бути враховані притаманні йому рефлективність, критичне ставлення до самого процесу пізнання, його форм, прийомів і методів, понятійного апарату. Дослідження впливу цих чинників на методичну систему навчання математичних методів фізики в педагогічних університетах є перспективною проблемою теорії та методики навчання фізики.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Владимиров В.С. Что такое математическая физика? / В.С. Владимиров. – М.: МИАН, 2006. – 20 с. – (Препринт / РАН, Математический институт им. В.А. Стеклова).

2. Галузеві стандарти вищої освіти. Педагогічна освіта. Педагогіка і методика середньої освіти. Фізика. – Частина ІІ. Освітньо-професійна програма підготовки бакалавра. – К. : Видавництво НПУ ім. М.П. Драгоманова. – 2003. – 74 с.

3. Національна доктрина розвитку освіти : затверджена Указом Президента України від 17 квітня 2002 р. № 347/2002 // Освіта України. – 2002. – № 33. – С. 4-6.

4. Подопригора Н.В. Вивчення симетрій майбутніми вчителями фізики / Н.В. Подопригора, М.І. Садовий, О.М. Трифонова // Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини (Педагогічні науки). – 2012. – Ч.4. – С. 288-297.

5. Подопригора Н.В. Закон збереження електричного заряду та його інваріантність відносно калібрувальних перетворень / Н.В. Подопригора // Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. – КДПУ ім. В.Винниченка, 2007. – Вип. 72. – Ч.1. – С. 211-218.

6. Подопригора Н.В. Математичні методи фізики: [навч. посібник для студ. ф.-м. фак. вищ. пед. навч. закл.] / Подопригра Н.В., Трифонова О.М. Садовий М.І. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2012. – 300 с.

7. Подопригора Н.В. Про навчання експериментальних і теоретичних методів фізики у педагогічному університеті / Н.В. Подопригора // Наукові записки. Серія: проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. – КДПУ ім. В.Винниченка, 2013. – Вип. 4. – Ч. 1. – С. 204-209.

8. Разумовский В.Г. Развитие творческих способностей учащихся в процессе обучения физике : Пособие для учителей / Разумовский В.Г. – М. : Просвещение, 1975. – 272 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Подопригора Наталія Володимирівна – кандидат педагогічних наук, доцент, докторант кафедри фізики та методики її викладання Кіровоградського держаного педагогічного університету імені Володимира Винниченка.

Коло наукових інтересів: методична система навчання математичних методів фізики в педагогічних університетах.